

ESTUDI, DISSENY I MODELATGE D'UNA MÀQUINA POSICIONADOR A DE SOLDADURA.

Escola Superior d'Enginyeria de
Vilanova i la Geltrú. Departament
d'Enginyeria Mecànica, EPSEVG.

Autor: Víctor Castillo Fernández

RESUM

Aquest projecte es realitza com a conseqüència de diferents necessitats: primerament finalitzar el grau d'enginyeria mecànica, la segona per a aprofundir en els coneixements assolits durant el grau i per últim per satisfacció personal.

La idea sorgeix de la preocupació d'un grup de persones del sector industrial per facilitar el treball de soldadura i l'ensenyança dels operaris i futurs operaris de tallers de dimensions i espais reduïts. Les postures que s'adopten i la quantitat d'ajusts en la col·locació que es realitzen a les peces a soldar, les quals poden arribar a superar els 1500kg, redueixen la

producció y augmenten la probabilitat de lesions i altres riscos.

Per poder combatre aquests problemes laborals, es va decidir que l'objectiu del treball havia de ser dissenyar un posicionador per a soldadura, sempre tenint present els requisits especificats per treballadors i operaris del sector: dimensions en planta, funcionalitats, carregues,...

Prèviament al disseny, es realitza un estudi de mercat de les màquines posicionadores ja existents, per observar els diferents mecanismes emprats i com es desenvolupen. S'ha vist que hi han de diferents segons la seva funcionalitat, moviments que realitzen i dimensions.

Inicialment es fa un croquis del que pot ser la màquina, i dels seus components. Després de desenvolupar el disseny final, i emprant el software Siemens NX10 es realitza el modelatge de tots els components mecànics de conformaran el producte.

Posteriorment, es desenvolupen els plànols constructius dels elements de la posicionadora. En aquesta fase s'han realitzat modificacions i s'ha readaptat el disseny que s'havia establert.

Per finalitzar la part del disseny es realitza un pressupost en funció dels elements que s'han de fabricar i els normalitzats. En els primers, es marquen les operacions que s'han seguit per a la seva fabricació, el temps que es requereix i el número de peces que es requereixen.

Finalment, s'han explicat les funcionalitats de la màquina. S'han establert els punts important, referents al disseny mecànic, que s'haurien d'introduir en el manual d'us del producte. També s'han tingut en compte els aspectes medi ambientals al final de la vida d'aquest segons normativa.

1. INTRODUCCIÓ.

Actualment quan pensem en el procés de soldadura, el primer que se'ns ve al cap són les grans línies de producció amb braços robotitzats com, per exemple, veiem en el cas de l'automoció. Però encara existeixen moltes empreses de dimensions petites o mitjanes on la soldadura la realitza l'operari. Aquest procés de soldadura comporta, en la majoria de casos, moviments de la peça a soldar per tal de poder treballar còmodament, així com també la fabricació d'utilatge per poder obtenir una posició correcta de les peces i així intentar facilitar la producció. Aquest es un dels grans contratemps que hi ha en el procés de soldadura.

A partir de veure diferents dificultats en aquest procés a les empreses de mitjana dimensió, vaig voler facilitar la feina als operaris. Aconseguir una milloria en la rendibilitat i en l'ergonomia, i una qualitat a la zona de treball de la soldadura. Per tant l'objectiu d'aquest treball és el disseny d'una màquina que faciliti la feina als operaris de les petites i mitjanes empreses en el procés de soldadura.

En col·laboració amb la empresa *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U.*, hem definit uns paràmetres funcionals o requisits reals per tal de poder dimensionar i dissenyar la màquina.

L'objectiu principal del projecte de final de grau és realitzar el disseny d'una màquina posicionadora per a la soldadura. Però aquest objectiu en comporta d'altres com:

- Millor coneixement del món de la soldadura.
- Conèixer els requisits per realitzar una soldadura apte.
- Aprofundir en els coneixements del disseny de màquines.
- Capacitat de dissenyar en funció d'uns requisits especificats.
- Coneixement i elecció dels elements normalitzats aptes per a desenvolupar les funcions requerides segons el disseny.
- Realitzar el modelatge d'una màquina segons els elements dissenyats.
- Estudi econòmic i viabilitat per la seva fabricació.

- Establir contacte amb diferents sectors del món industrial: com ja s'ha esmentat, es vol donar realisme al projecte de final de grau, es per això que es vol establir contacte amb professionals del sector.

2. EL PROCÉS DE SOLDADURA.

Les primeres incidències de la soldadura en el món, es remunten a l'Edat de Bronze. Els exemplars més antics de soldadures que s'han trobat, són capses d'or pertanyents a aquesta època. Per una altra banda, també es van trobar varies eines de ferro dels egipcis fetes a partir de soldadura. Durant l'edat mitjana, els ferrers van soldar varies peces de ferro a partir d'un tipus de soldadura anomenada martelleig. No obstant, el procés de soldadura no es consolida com una tècnica habitual fins a principis del segle XIX, on s'aconsegueix la soldadura a partir de la producció d'un arc antre dos elèctrodes de carboni utilitzant una bateria. Aquest descobriment es gràcies a Humphry Davy, que es considera el pioner de la soldadura amb arc.

Segons articles de "Mechanical Buzz" la soldadura és el procés més econòmic i eficient d'unir dos metalls permanentment, a partir de l'aportació de calor. A vegades amb pressió o, d'altres, amb aplicació d'un metall d'aportació que te el punt de fusió semblant al del metall base. Per tant, podríem dir que és una manera de fer que dos peces de metall actuïn com si fossin una.

Depenent del tipus de material d'aportació existeixen dos tipus de soldadura:

- Homogènia o autògena: són els tipus de soldadura on no s'utilitza material d'aportació, o s'utilitza el mateix material que el de les peces a unir. En aquest cas els metalls que unim i el material d'aportació han de tenir la mateixa naturalesa. Si la unió es du a terme a aplicació de pressió sense fondre les part a unir, parlem de soldadura en estat sòlid. Si la fosa és de les dues parts a unir, amb aplicació de calor i amb o sense aportació de material, parlem de soldadura per fusió o autògena.

- Heterogènia o d'aliatge: es du a terme entre materials de diferent naturalesa, amb o sense material d'aportació, amb una temperatura de fusió inferior a la dels metalls a unir. Si el punt de fusió supera els 450°C i la seva resistència mecànica i a la corrosió són altes, parlem de soldadura forta, en cas contrari parlem de soldadura tova.

Si aprofundim, podem trobar diferents tipus de soldadura dins les categories que acabem de definir. El principals processos de soldadura, o els més utilitzats són:

- Soldadura per gas o oxigen: aquest tipus de soldadura la ubiquem dins de les soldadures homogènies per fusió. És el més conegut, encara que avui en dia es limita el seu ús a la soldadura de xapes fines i reparació de peces fosques. Pel seu ús es requereix d'una gran font de calor provinent de la combustió del acetilè (C_2H_2), que aconseguirà la fusió entre el metall base i el material d'aportació. Cada cop s'utilitza menys, perquè es necessiten altes temperatures d'actuació (fet que provoca un refredament lent), incideix en l'aparició de tensions i deformacions en el material de la peça més afectada tèrmicament.

- Soldadura per arc: és un tipus de soldadura homogènia per fusió amb aportació de material, on la fusió del metall es produeix gràcies a la calor generada per un arc elèctric establert entre l'extrem del elèctrode revestit, i el metall base de una unió a soldar, on es produeixen temperatures de fins a 30.000 °C.

3. DISSENY I CÀLCULS.

Per tal de començar a dissenyar els components de la màquina, es necessita saber els requisits de funcionament que demanda el client. En aquest cas, s'ha mantingut contacte amb l'empresa de la indústria de mecanitzats *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U.* on es realitza el procés de soldadura manualment, i han sigut ells qui han marcat els requisits inicials de disseny. Aquests són els següents:

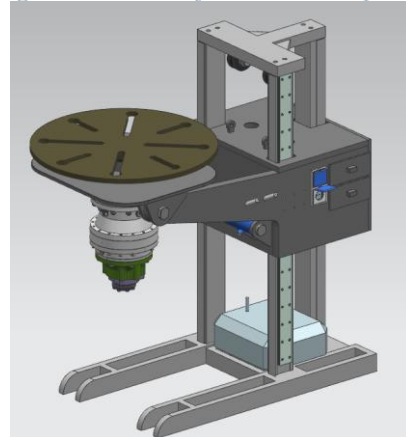
- Massa màxima de treball: 1500kg.

- Velocitat de rotació màxima: 1,2 rad/s.
- Velocitat de rotació mínima: 0,1 rad/s.
- Acceleració angular: ha d'assolir la velocitat de rotació màxima de 1,2 rad/s en 2 segons com a màxim.
- Velocitat de pujada màxima: 1m/s
- Velocitat de pujada mínima: 0,2m/s
- Acceleració lineal: ha d'assolir la velocitat lineal màxima de 1m/s en 2 segons com a màxim.
- 4 endolls de 220V.
- Suport per a esmoladores o torxa.
- Suport per a la massa.
- Calaixos per emmagatzemar el material relacionat amb la soldadura.
- L'espai que ocupi en planta ha de ser el més reduït possible per tal de poder-la ubicar al taller.

3.1. DISSENY DEFINITIU DE LA MÀQUINA.

Per arribar a aquest punt, prèviament s'ha superat 2 fases de disseny on aquest ha experimentat una evolució a partir d'anar descobrint diferents mecanismes, materials, preu, elements normalitzats, etc. (figura 3.1.). El modelatge s'ha realitzat mitjançant el software *Siemens NX10*.

Figura 3. 1. Disseny final de la màquina.

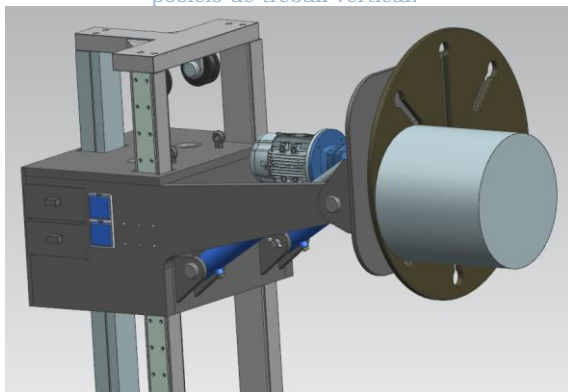


Una de les característiques de la màquina, és que es pot moure en 3 eixos diferents, per tal de poder adaptar la posició durant l'operació de soldadura.

El primer i el més crític, és un moviment rotacional del plat de treball sobre el que es treballa. La velocitat d'aquest la controla l'operari en un rang de 0rad/s a 1,2 rad/s. El conjunt que s'encarrega de

moure aquest element, està format per un reductor epicicloïdal i un motor hidràulic. La potència requerida per moure el plat i la peça de treball és de 3,67kW. El moment més desfavorable es genera quan es treballa amb el plat en posició vertical, i la peça està ascendent en una posició descentrada respecte a l'eix central del plat de treball. (figura 3.2.).

Figura 3. 2. Moviment rotacional ascendent, en posició de treball vertical.



Un altra moviment que s'efectua és el d'incorporació del plat a través d'uns pistons hidràulics que empenten la taula que fa d'enllaç amb el plat. S'han disposat dos pistons de doble efecte tenint en compte la seguretat de la màquina i les persones.

Per últim, la màquina es capaç de moure's verticalment a través d'un motor hidràulic i una transmissió per cables i politges. Aquest motor està situat a la part inferior de la bancada, per així equilibrar com si fos un contrapès la màquina.

Els materials utilitzats per a la fabricació dels elements no normalitzats, són: l'acer S355JR, l'acer F125, l'acer F-111, el bronze i el niló o poliamida.

Per corroborar el disseny i els seus estudis, s'ha realitzar un estudi de tensions i deformacions general i amb les peces més crítiques emprant el software SolidWorks2017 (figura 3.3., i 3.4.)

Figura 3. 3. Estudi de tensions en posició horitzontal.

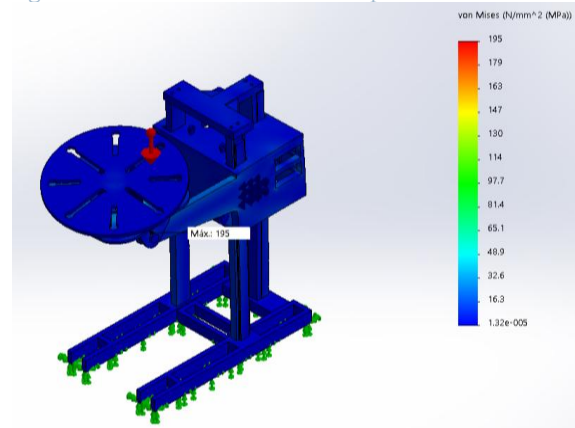
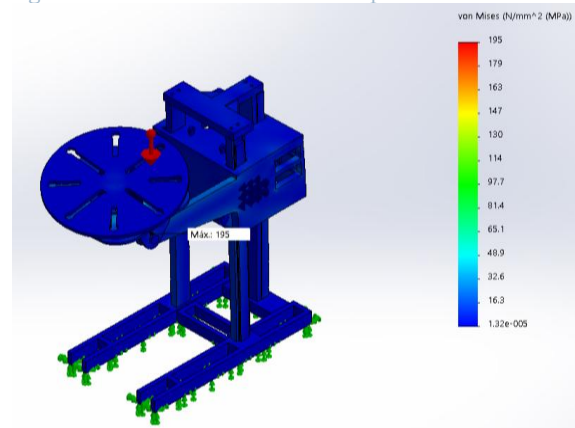


Figura 3. 4. Estudi de tensions en posició vertical.



Referent a l'estudi de deformacions, es poden veure els resultats del conjunt en posició horitzontal i vertical, i sol·licitat a la màxima càrrega permesa. S'observa la màxima deformació que es manifesta és de valor 3,834mm., en la posició vertical.

3.2. ELEMENTS DE LA MÀQUINA.

Un cop fet el modelatge del disseny total, s'ha realitzat un estudi i detallar els elements que la conformen. Per a cada un dels elements que s'han fabricat s'ha creat un plànol constructiu, un càlcul de toleràncies si s'escau, i el càlcul d'ajustos corresponent. (taula 3.1.).

Taula 3. 1. Elements que conformen la màquina.

Nº REF.	NOM
-	Pintura (muntatge)
000000	Conjunt posicionadora (muntatge)
000100	Subconjunt plat (muntatge)
000200	Subconjunt taula (muntatge)
000300	Subconjunt braços (muntatge)
000400	Subconjunt bancada (muntatge)
000500	Subconjunt pistó (muntatge)
000600	Subconjunt motor-reductor (muntatge)
010000	Plat de treball rotatori
010100	Volandera MB16
010200	Femella KB16
020000	Taula Suport
020101	Casquet orelles PAP2515
020102	Casquet orelles PAP3020
000201	Subconjunt brida (muntatge)
020200	Brida de fixació
020201	Rodament de boles de contacte angular FAG.3216.B.TVH
020202	Anella de seguretat Seeger DIN_472
020203	Tapa superior brida
020204	Tapa inferior brida
020205	Rodament de rodets cilíndrics FAG.20216.T
020206	Casquet fixació pistes rodaments
020207	Femella DIN985_M20x3.5
020208	Volandera DIN1440_20x4
020209	Cargol DIN931-M20x1,5_L60
030000	Suport-braços
030100	Eix junta giratòria
030102	Casquet fixació rodaments braços
030103	Femella DIN985_M30x3,5
030104	Volandera eix DIN1440_30x4
030200	Rodament suport-braços FAG6006.2.RS
030500	Calaix lateral
030600	Endolls 220V
040001/040002	Peus bancada i suport guies
040003	Suport politges
040100	Politja
040101	Eix politja
040103	Passador DIN94_8x36
040201	Sistema de guiats KUVE25-WL
040205	Cargol DIN912-M6x1_L16
040300	Cargol DIN912-M10x1,5_L45
040400	Motor hidràulic d'elevació VNKT500
050200	Eix junta incorporació
050201	Passador DIN94_8x36
050300	Eix junta pistó-braços
050301	Passador DIN94_8x36
050400	Pistó hidràulic 703-3
060100	Reductor_"306 L2 38.4 HC T4AA O"

060200	Motor_"MG_050_SD_H_11159036_P010"
060500	Suport motor
060600	Cargol DIN931-M14x2
060700	Volandera DIN1440_14x3
060800	Femella DIN985_M14x2
070100	Motor elevació- VNKT500
070200	Bomba hidràulica
070300	Dipòsit hidràulic.
070400	Cable tensor.

4. MANUAL D'ÚS.

El control de la màquina el té l'operari a través d'un comandament on, cada funció està representada en un botó. Les funcions d'aquesta màquina són:

- Posicionament per memòria: quan l'operari defineix una posició de treball, pot emmagatzemar-la en una memòria de fins a 6 operacions. D'aquesta manera si l'operari ha de repetir una seqüència de posicions, podrà estalviar-se l'ajust de cada una d'elles.

- Control de velocitat i recorregut: tant la velocitat de rotació com la d'elevació es podran regular en el rang definit en l'apartat 3.1. cadascuna, a través d'un potenciòmetre. L'operari podrà regular la màquina en funció de les seves necessitats. També podrà regular el desplaçament del plat segons un rang definit per l'operari.

- Rotació bidireccional: el moviment rotatori del plat es podrà fer en sentit horari, o contra horari segons necessitats de l'operari. La rotació d'aquest és complerta, 360°.

- Incorporació del plat: segons les necessitats de l'operari es podrà ajustar la inclinació del plat gràcies a un control de posició angular. El rang de d'acció és de 0° a 90°.

- Botó de parada d'emergència: en cas d'haver de parar per urgència el moviment de la màquina, aquesta porta incorporat un botó de parada que atura totalment la màquina.

- Equip opcional: existeix la opció de que el control de les funcions de la màquina es realitzi a través

d'un comandament sense cables, comunicat mitjançant radiofreqüència.

- Pedal d'accionament: un cop ajustada la velocitat de rotació, l'operari disposa d'un pedal per iniciar i aturar el moviment per així facilitar l'operació i alliberar les mans per treballar.

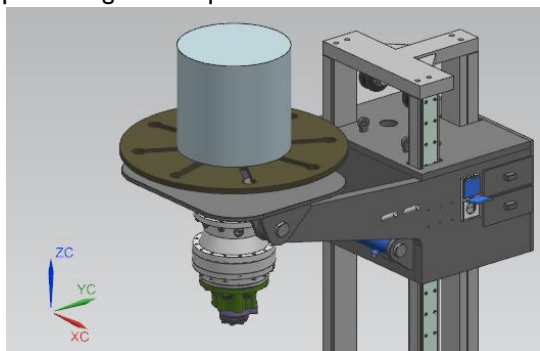
La màquina ha estat dissenyada considerants uns requisits i uns límits establerts, és per aquest motiu que s'ha de donar a conèixer a l'operari quins són els límits de funcionament de la màquina, per tal de que es faci un bon ús d'aquesta, a través d'una guia o un manual d'ús:

- Màxima càrrega i dimensionament: la màquina ha estat dissenyada per a suportar càrregues de 14kN amb una excentricitat màxima de 200mm respecte a l'eix central del plat de treball. La distància màxima del centre de masses de la peça màxima permesa, a la superfície del plat de treball és de 335mm.

- Càrregues màximes respecte l'eix: considerant el sistema de referència de la figura 4.1., el moment que suporta cada eix al plat de treball és de:

$$My_{màx.} = Mx_{màx.} = 2.9403,00 \text{ Nmm}$$

Figura 4. 1. Eixos de referència a tenir en compte per carregar la màquina.



- Centratge de la peça de treball. Sempre i quan la forma geomètrica de les peces a treballar ho permeti, aquestes han d'anar centrades respecte a l'element plat de treball. D'aquesta manera s'aconsegueix repartir els esforços a parts iguals a la resta de l'estructura de la màquina, i assegurar un funcionament òptim.

- Excentricitat: si la forma geomètrica de la peça no permet que el centre de masses quedi concèntric amb el centre del plat de treball, la màquina permet una excentricitat de 200mm amb la massa màxima permesa (1500kg).

- Accionaments: si la màquina està en moviment, mantenir una distància de prudència. Si durant el moviment el plat de treball conté alguna peça, observar el rang d'acció d'aquesta per tal d'evitar col·lisions. Els moviments de la màquina queden a disposició de l'operari.

S'han analitzat els riscos principals que pot comportar la màquina i s'han afegit mesures de seguretat diferenciades entre: mesures de prevenció i mesures de protecció.

5. ESTUDI ECONÒMIC.

Un cop finalitzat l'estudi mecànic i el disseny de la màquina, s'ha disposat a fer el pressupost d'un prototipus per veure el cost total de la fabricació.

Per a la realització del pressupost de les peces a fabricar, s'ha comptat amb la verificació de l'empresa *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U.*

El cost total de les peces que s'han hagut de fabricar, el muntatge i la capa de pintura per protegir les peces d'un ambient corrosiu és de 6.188,64€.

El cost total de les peces normalitzades és de 5.463,80 €.

Tenint en compte les peces normalitzades, les que s'han de fabricar, el muntatge i la pintura, el cost total d'un únic prototipus és de 11.652,44 €.

6. MEDI AMBIENT I RECICLATGE.

La relació dels materials principals que formen part de la màquina i la seva classificació per tipus de residu es menciona a continuació:

Acer S355JR.....	Residu Industrial (RI)
Acer F-125.....	Residu Industrial (RI)
Acer F-111.....	Residu Industrial (RI)
Niló poliamida	Residu Industrial (RI)

Bronze.....	Residu Industrial (RI)
Comp. hidràulics.....	Residu Industrial (RI)
Cargols de ferro.....	Residu Industrial (RI)
Comp. elèctrics.....	Residu Industrial (RI)
Lubricants i olis.....	Residu Perillós (RP)
Pintura.....	Residu Industrial (RI)
Comp. electrònics.....	Residu Industrial (RI)

Després d'aquesta composició de materials, la màquina al final de la seva vida útil ha de ser classificada amb a residu perillós, ja que hi ha components que es troben dins de l'annex III de la llei 22/2011 classificat com perillós.

Respecte al possible embalatge, principalment estaria compost per cartró, plàstic i fusta, pel que es consideren redius domèstics (RD).

El tractament diferenciat dels dos tipus de residus és:

- Residus domèstics: han de ser dipositats en un punt de recollida o bé entregats a un gestor registrat.
- Residus industrials: s'han de gestionar a través d'un gestor autoritzat, tenint en compte una possible recollida selectiva.

7. CONCLUSIONS.

A l'inici de la realització del treball final de grau es va establir com objectiu principal el disseny i el modelatge d'una màquina posicionadora pel procés de soldadura. Al final d'aquest s'ha aconseguit l'assoliment de l'objectiu principal establert.

Ara bé, tal i com es va comentar, aquest objectiu principal esmentat comporta d'altres.

En el transcurs d'aquest projecte s'ha indagat en conceptes generals del món de la soldadura, assolint així els conceptes bàsics per poder-los aplicar correctament durant la fabricació dels components que s'han anat dissenyant. També, s'ha observat amb deteniment diferents sistemes que s'utilitzen actualment les màquines per ampliar els coneixements obtinguts fins ara.

Al llarg del projecte s'ha establert diàleg amb professionals del sector del mecanitzat, amb proveïdors, empreses de fabricació i venda de accessoris per a la maquinària, així com la relació directe amb operaris del sector de la soldadura que han aportat el punt de vista i explicacions de la fabricació.

A la fase de disseny del projecte s'ha desenvolupat una actitud de recerca i adaptació que ha permès la selecció final dels components i el disseny d'aquests segons les seves funcionalitats.

Al procés de disseny s'han seguit una sèrie de verificacions dels elements (estudi de tensions i deformacions, càlculs de cargols, potències dels motors,...), que han fet que s'ampliés els coneixements adquirits fins al moment.

Un cop completat el pressupost es pot concloure que un dels treballs futurs que s'hauria de fer, es buscar altres elements que realitzin la mateixa funció per tal d'abaratir els costos totals.

Com a conclusió final del projecte es pot dir que, tal i com s'ha comentat inicialment, aquest estudi realitzat no es pot considerar com a definitiu, s'ha de completar tenint en compte altres aspectes com la instal·lació hidràulica i elèctrica, la programació de les funcions, o la instal·lació dels elements de seguretat. Tot i així, els objectius plantejats inicialment s'han complert amb èxit, s'han satisfet mecànicament els requisits del disseny esmentats pel client, i es pot assegurar que la màquina funcionarà correctament segons els criteris mecànics definits.

8. AGRAIMENTS.

Agrair especialment el recolzament i seguiment del treball a Maurici Sivatte.

També a les empreses del sector industrial que han dedicat desinteressadament esforços en certs aspectes del treball: *Mecanizados ESCAMEZ, S.L.U.*, *Tecnotrans Bonfiglioli* i *Activa Industrial*.